

平成 年 月 日

氏名 中野 貴之



21世紀COEプログラム

拠点：大学院工学系研究科

応用化学専攻、化学システム工学専攻、
化学生命工学専攻、マテリアル工学専攻

“化学を基盤とするヒューマンマテリアル創成”

平成15年度リサーチ・アシスタント報告書

ふりがな 氏名	なかの たかゆき 中野 貴之	生年 月 日
所属機関名	東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻	
所在地	〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 電話 03 (5841) 7131	
申請時点での 学年	博士課程 1 年	
研究題目	MOVPE 成長における GaAs/InGaP ヘテロ界面の精密構造制御	
指導教官の所属・氏名	大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 霜垣幸浩 助教授	

I 研究の成果 (1000字程度)

(図表も含めて分かりやすく記入のこと)

活動概要

情報通信ネットワークが急速に進んでいる現在の社会において情報通信の中心となり、かつ現在の生活において必要不可欠となっている商品として携帯電話があげられる。この携帯電話で使用されている電波の周波数帯は800MHzや1.5GHzであり、この周波数帯を使用可能としているのはGaAsなどの化合物半導体デバイスである。他の情報ネットワークの進歩に伴い更なる高性能化が望まれている現状において、通信速度の高速化・通信量の増加を達成するにあたり、化合物半導体による高周波デバイス(HEMTやHBT)の高性能化は重要なテーマである。

化合物半導体においてデバイスの性能を左右する要素としてヘテロ界面の急峻性が上げられる。これは電子の量子効果を利用する化合物デバイスにおいては原子層単位での膜厚の制御と組成の変化が必要となる。具体的な例をあげると、HEMTデバイスでの走査電子のトラップ形成や、LEDにおける不純物層の形成によるバンドギャップの縮小などがあげられる。特にHEMTデバイスにおいてはヘテロ界面の急峻性をよくすることにより更なる高速動作が可能となり、また消費電力の減少にもつながり非常に重要な課題とされている部分である。

このヘテロ界面を作製するために結晶成長を行う必要があり、主に有機金属材料を用いた有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法が用いられている。我々は特に近年注目されておりHEMTデバイスに使用され始めているInGaP/GaAsに注目し、MOVPE法における急峻なヘテロ界面の作製を行っている。特にヘテロ界面形成時のガス切り替え時に起こるV族原子の界面でのAs-P置換や、InGaP成長中におけるIn原子の表面偏析において研究を行ってきた。これらの研究によりInGaP/GaAsヘテロ界面作製における最適と思われるガスの切り替えシーケンスの提案を行ってきた。

現在は最適化したガス切り替えシーケンスの実デバイスでの有用性と汎用性を確認検討し、更にIn原子の偏析について新たな結晶成長メカニズムを提案し、解析を行っている。

研究内容

従来、提案されている結晶成長モデルでは過剰に供給しているV族原子が基板表面にダイマーとして吸着しており、III族原子が表面に到達すると共に反応し結晶化が行われていると考えられており同族原子の組成比はガス比に比例すると考えられていた。しかし、InGaPやInGaAsあるいはInGaNなどの材料ではInとGaの組成比が安定せず表面にIn

I 研究の成果 (1000字程度)

(図表も含めて分かりやすく記入のこと)

原子が析出するといった現象が観測されている。この現象は従来モデルの結晶成長メカニズムでは説明ができず矛盾が生じてしまう。そこで我々は表面近傍に存在する層は固層として存在しておらず、擬似的に液層と近似できるような状態で存在しており、さらにV族原子のダイマーが吸着しているのではないかと考えた。これはSi系のプラズマプロセスにおけるサブサーフェスに相当するものであると考えている。

この表面近傍にて液層となっている偏析層の存在を検討するために、偏析層の形成時間と偏析層の結晶化の時間を確認することにより存在の有無と物理量を検討している。

偏析層を考慮した場合と従来のモデルでの成長膜厚の推移について図1に示す。

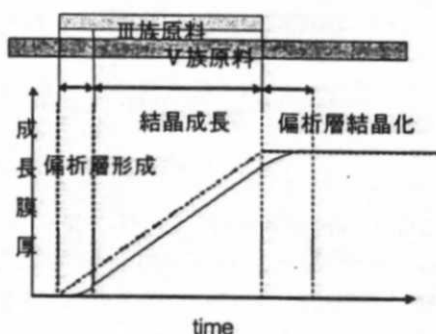


図1. 偏析層を考慮した際の成長膜厚変化

従来のモデルでは成長膜厚はV族雰囲気中にIII族原料を流し込むことによって成長が始まり、III族原料供給の中断を行うまで一定の成長レートを保って成長しており、供給中断と同時に成長が止まると考えられている。

一方で偏析層を考えた成長モデルでは、III族供給と同時に偏析層が形成され始めるが結晶の成長自体は十分な偏析層が形成された後に偏析層の結晶化と気層からの取り込みにより成長が行われていくと考えられる。そのため、成長膜厚はIII族原料供給と同時に成長せず、偏析層の形成に必要な時間だけ遅れると考えられる。これはメタルCVDなどの初期核の発生に必要な時間(Incubation Time)に相当するものである。また、III族供給中断後においても瞬時に成長が止まるのではなく基板表面に吸着していた偏析層が結晶化していく分だけ成長膜厚が増加する。

通常では、1回の成長が十分に長いいため偏析層の析出と結晶化にかかる時間の誤差は全体に比べると非常に小さいため無視できる程度である。そこで、偏析層の析出と結晶化に必要な時間などの検討を行うために図2.に示すような変調操作を行うことにより、成長時間中の偏析層形成などに占める時間の割合を増やし検討を行った。

I 研究の成果 (1000字程度)

(図表も含めて分かりやすく記入のこと)

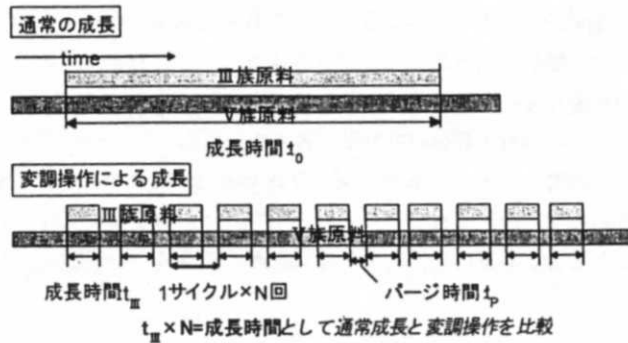


図 2. 変調操作による成長方法の概念図

研究結果

上記の変調操作におけるⅢ族原料の供給時間を 10 秒に固定し、パージ時間を変化させた際の成長膜厚の変化を図 3 に示す。また、パージ時間を 1 秒に固定しⅢ族原料の供給時間を変化させた際の成長膜厚の変化を図 4 に示す。なお、トータルでのⅢ族原料の供給時間は全て同じになるように設定した。

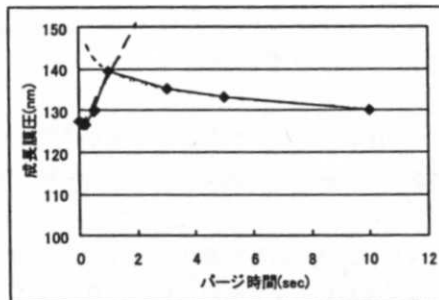


図 3. パージ時間の変化による成長膜厚変化

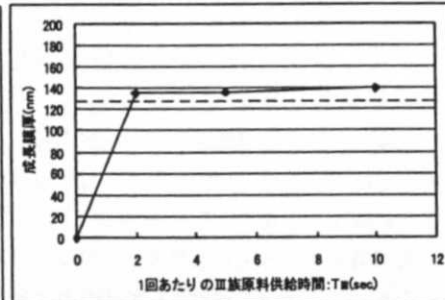


図 4. Ⅲ族原料供給時間の変化による成長膜厚変化

図 3 を見るとパージ時間が 0 秒から 1 秒の間では成長膜厚が増加していることがわかる。これは成長中断後に偏析層が結晶化しておりパージ時間中の結晶化分だけ成長膜厚が増加していると考えられる。また、パージ時間が 1 秒を過ぎると成長膜厚が減少しているのは 2 次核を形成できなかった原子が脱離していくためだと考えられ、パージ時間が長いとその影響が大きくなっている。

図 4 では、通常の成長膜厚(点線)より変調操作による成長膜厚が増加していることが確認できる。これは図 3 と同様に変調操作によりパージ時間中に偏析層の結晶化が行われたためだと考えられる。また 2 秒の供給時間でも通常の成長の場合に比べて成長膜厚が厚いことから偏析層の形成にかかる時間は非常に短く瞬時に形成されていると考えられる。

氏名

中野 貴之

- II (1) 学術雑誌等に発表した論文（掲載を決定されたものを含む。）
共著の場合、申請者の役割を記載すること。
（著者、題名、掲載誌名、年月、巻号、頁を記入）

なし

氏名

中野 貴之

II (2) 学会において申請者が口頭発表もしくはポスター発表した論文
(共同研究者(全員の氏名), 題名, 発表した学会名, 場所, 年月を記載)

2003年9月2日 第64回応用物理学会学術講演会 2aK-8 「MOVPE法による化合物
半導体結晶成長における表面反応メカニズムの解明」 ○中野貴之 福島康之 杉山正
和 中野義昭 霧垣幸浩